

Д. Г. ЕВСЕЕВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры “Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава”, Российский университет транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9)

В. Н. ФИЛИППОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры “Вагоны и вагонное хозяйство”, Российский университет транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9)

Г. И. ПЕТРОВ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой “Вагоны и вагонное хозяйство”, Российский университет транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9; e-mail: petrovgi@gmail.com)

Ю. Н. ШЕБЕКО, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела пожарной безопасности промышленных объектов, технологий и моделирования техногенных аварий, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО МЧС России) (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12)

С. В. БЕСПАЛЬКО, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры “Вагоны и вагонное хозяйство”, Российский университет транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9; e-mail: besp-alco@yandex.ru)

УДК 614.841

О НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ПО ЖЕЛЕЗНЫМ ДОРОГАМ РОССИИ

Приведены результаты комплексных исследований по обеспечению пожаровзрывобезопасности цистерн для перевозки опасных грузов. В итоге разработаны: сценарии и расчетные режимы пожароопасных аварийных ситуаций с цистернами; методики и программные средства для моделирования поведения вагонов при пожароопасных авариях; конструктивные решения в виде эластомерных поглощающих аппаратов, защитных экранов днищ, предохранителей от саморасцепа автосцепок, дуг безопасности для защиты горловины, сливноналивной, предохранительной и контрольной арматуры, огнезащитных покрытий; ряд моделей цистерн для перевозки опасных грузов. Отмечено, что необходимо принять единую техническую политику при перевозке пожароопасных грузов по железным дорогам.

Ключевые слова: пожарная безопасность; техническая политика; опасные грузы; перевозка по железным дорогам; вагоны для опасных грузов; котел цистерны; средства защиты от пожароопасных аварий.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.26-34

Введение. Актуальность проблемы и нормативная база

В настоящее время по железным дорогам Российской Федерации в массовом порядке перевозятся опасные грузы, относящиеся ко 2-му и 3-му классам опасности (в частности, сжиженные газы и легко воспламеняющиеся жидкости). При этом руководствуются следующими нормативными документами: “Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам” [1], “Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам” [2], “Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте” [3] и др.

Однако и при выполнении всех мероприятий, регламентированных нормативными документами

[1–3], возникают различные аварийные ситуации, что приводит к нарушению требований пожарной безопасности перевозочного процесса, экологической безопасности и даже требований по сохранению здоровья и жизни людей.

Для решения вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности при перевозке пожароопасных грузов, Министерство путей сообщения Российской Федерации в 1990-х годах поставило задачу разработать необходимые нормативные правовые документы.

В 2002 г. был принят Федеральный закон “О техническом регулировании” [4], которым определяются следующие направления обеспечения безопасности, актуальные при перевозке опасных грузов по железным дорогам:

- безопасность излучений;
- биологическая безопасность;
- взрывобезопасность;
- механическая безопасность;
- пожарная безопасность;
- безопасность технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;
- термическая безопасность;
- химическая безопасность;
- электрическая безопасность;
- радиационная безопасность.

Федеральный закон “О железнодорожном транспорте в Российской Федерации” (№ 17-ФЗ) [5] также содержит перечень требований для обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта.

Вопросам обеспечения пожарной безопасности перевозки опасных грузов уделяется повышенное внимание и в работах зарубежных ученых и специалистов [6–14].

В рамках настоящей работы на основе статистических данных о пожароопасных инцидентах, связанных с перевозкой опасных грузов железнодорожным транспортом, МИИТ в течение последних 30 лет проводил масштабные теоретические и экспериментальные исследования.

Основные результаты исследований по проблеме пожаровзрывобезопасности цистерн

В результате исследований, проводившихся в МИИТе, были разработаны сценарии развития пожароопасных аварийных ситуаций с вагонами-цистернами и на их основе — расчетные аварийные режимы механического или теплового воздействия на них. Полученные в исследованиях данные легли в основу изменений и дополнений в “Нормы расчета и проектирования вагонов...” [15]. Кроме того, был разработан справочник [16], который используется также для обучения персонала, обеспечивающего перевозку опасных грузов.

В указанном направлении МИИТом совместно с ВНИИПО и другими организациями были созданы методики и программные средства моделирования поведения подвижного состава при аварийных режимах, разработаны и внедрены конструктивные решения для обеспечения динамической и пожарной безопасности [17–32].

Были также спроектированы и введены в эксплуатацию новые модели цистерн для перевозки грузов 2-го и 3-го классов опасности и некоторых других пожароопасных грузов. Созданные модели цистерн включали ряд новых технических средств обеспечения безопасности:



Рис. 1. Цистерна модели 15-9503 АВП

Fig. 1. Tank model 15-9503 WUA

- эластомерный поглощающий аппарат автосцепки с высокой энергоемкостью;
- защитные экраны для защиты днищ цистерн;
- предохранители от саморасцепа автосцепок;
- дуги безопасности для защиты горловин цистерн при авариях;
- приборы сливноналивной, предохранительной и контрольной арматуры для цистерн 2-го класса опасности в нескольких вариантах исполнения;
- сливной прибор с тремя запорными устройствами для цистерн, перевозящих легковоспламеняющиеся жидкости;
- несколько систем огнезащитных покрытий для обеспечения теплоизоляции котла железнодорожной цистерны при пожаре.

На рис. 1 представлена цистерна модели 15-9503 АВП, созданная на основе результатов описанных научных исследований и оснащенная основными техническими средствами обеспечения пожарной безопасности.

Разногласия в нормативной документации по вопросам пожаровзрывобезопасности вагонов

К сожалению, в то же время были разработаны нормативные документы, во многом сводящие на нет работу по обеспечению пожарной безопасности процесса перевозки грузов 2-го и 3-го классов опасности. В частности, в межгосударственном стандарте ГОСТ 33211–2014 “Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам”, разработанном ОАО “ВНИИЖТ”, отсутствует необходимая информация об аварийных расчетных режимах при проектировании вагонов для перевозки опасных грузов. Следует иметь в виду, что в соответствии с Конституцией Российской Федерации (ст. 15, п. 4) в системе права нашего государства международные договоры имеют приоритет перед другими законами в случае противоречия.

Кроме того, из редакции “Норм расчета и проектирования грузовых вагонов...” [33] были исключены дополнения, касающиеся сценариев пожаро-

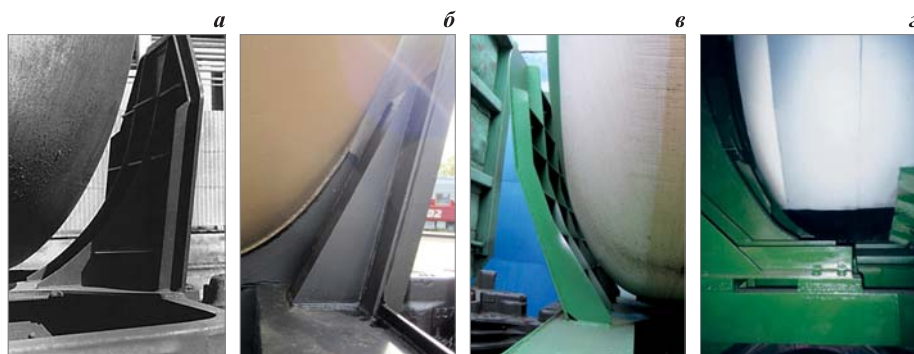


Рис. 2. Варианты конструкции защитного экрана днища: *a* — рациональное решение; *б–г* — необоснованные решения

Fig. 2. Variants of the bottom shield: *a* — rational decision; *b, v, g* — unreasonable decisions

опасных аварийных ситуаций. Наконец, в новой редакции “Правил технической эксплуатации железных дорог” не содержится данных по допустимым значениям осевой и погонной нагрузок, которые являются определяющими при проектировании вагонов.

Результатом отсутствия единой политики при проектировании вагонов для перевозки пожароопасных грузов стало появление множества новых моделей вагонов, не имеющих необходимой защиты от пожароопасных аварий или с ненадлежащими характеристиками защитных устройств.

Это хорошо видно из анализа следующих примеров.

Анализ эффективности различных технических решений по устройствам защиты от пожароопасных аварий

На рис. 2 приведены варианты защитного экрана днища, которые созданы в результате научных обоснований (см. рис. 2, *a*) и без таковых (см. рис. 2, *б–г*).

Из сравнения вариантов на рис. 2, *a* и 2, *б* виден принципиальный недостаток второго варианта. Он заключается в том, что экран приварен не только к раме, но и к днищу котла, в результате чего в котле возникают дополнительные локальные нагрузки, концентраторы напряжений и, кроме того, не обеспечивается зазор для деформации экрана. Вариант на рис. 2, *в* отличается недостаточной толщиной лобового листа и усилением ребер жесткости только в нижней части. В варианте на рис. 2, *г* защитный экран крепится к раме с помощью болтов, что также недопустимо из-за возможности их ослабления и потери жесткости крепления.

На рис. 3 приведены варианты дуг безопасности. Из сравнения представленных вариантов видно, что в варианте на рис. 3, *б* основания дуг приварены к оболочке котла, что вызывает локальные воздействия при его деформациях. Это исключено в рациональном варианте (см. рис. 3, *a*), в котором кронштейны имеют достаточно широкую поверхность опирания, а дуги крепятся к ним с помощью шарниров. Серьезной ошибкой варианта

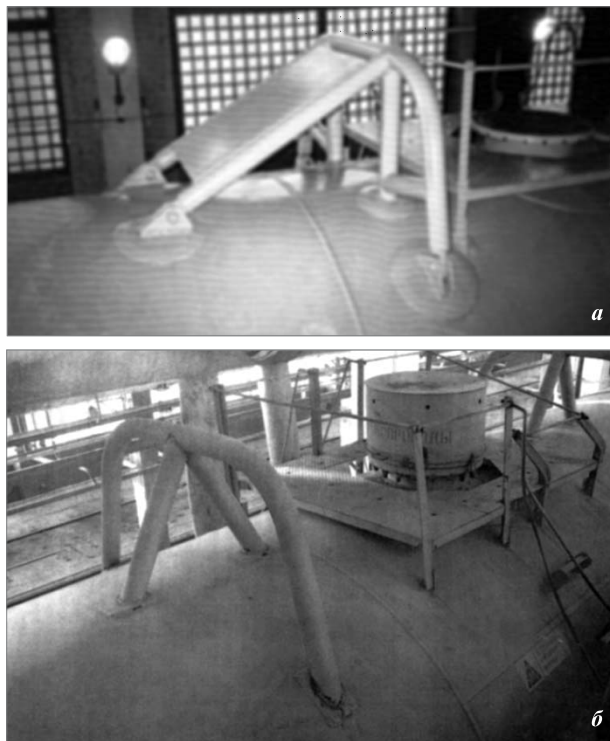


Рис. 3. Варианты дуг безопасности: *a* — рациональное решение; *б* — необоснованное решение

Fig. 3. Safety arc options: *a* — rational decision; *b* — unreasonable decision

на рис. 3, *б* следует считать недостаточную высоту дуг над крышкой люка. Как показали экспериментальные исследования, разность высот должна быть достаточной для того, чтобы при аварийном падении и перекачивании котла дуги безопасности препятствовали крышке люка и предохранительной арматуре взаимодействовать с поверхностью земли.

На рис. 4 приведено техническое решение по конструкции сливоналивной арматуры внутри котла. Данный вариант имеет существенные преимущества по сравнению с типовым решением. Это, во-первых, поворот сливных труб на 90° относительно оси котла, а во-вторых, обеспечение дополнительной жесткости арматуры с помощью раскосов, что препятствует ее деформированию в процессе аварий-

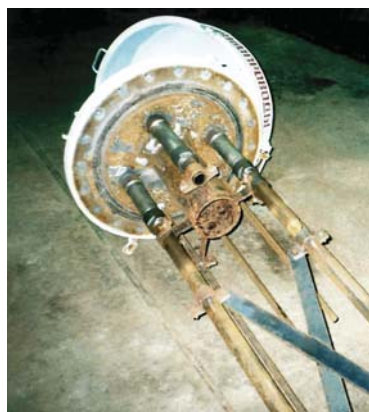


Рис. 4. Рациональное решение конструкции сливной арматуры

Fig. 4. Rational solution of the design of drain-filling valves



Рис. 6. Предохранитель от саморасцепки автосцепок

Fig. 6. Guard against unintentional disengagement of the automatic couplers

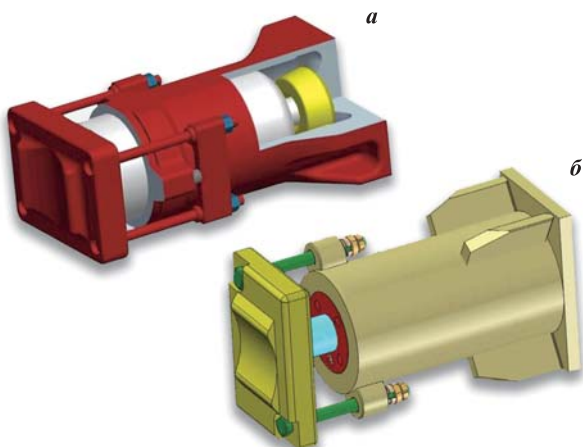


Рис. 5. Модели эластомерных поглощающих аппаратов: *a* — 73ZW; *б* — АПЭ-120-И

Fig. 5. Models of elastomeric absorbing devices: *a* — 73ZW; *b* — APE-120-I

ных соударений цистерны при повышенных скоростях и ускорениях.

На рис. 5 представлены варианты поглощающих аппаратов. Проведенные исследования доказали необходимость применения высокоэнергоемких эластомерных поглощающих аппаратов на вагонах для перевозки пожароопасных грузов. Однако не все эластомерные аппараты удовлетворяют требованиям безопасной эксплуатации и надежности. Аппараты моделей 73ZW и их модификации обладают работоспособностью при температурах до минус 60 °C и высокой пожаробезопасностью при попадании в очаг пожара. Аппараты же модели АПЭ-120-И и подобные им оказались практически неработоспособными из-за частого выхода из строя. Слабым узлом является сальниковое уплотнение, при повреждении которого эластомер вытекает из аппарата. Кроме того, направляющие болты аппарата подвержены изгибу из-за недостаточного центрирования упорной плиты.

На рис. 6 показан предохранитель от саморасцепки автосцепок при аварийных режимах, без которого вероятен выход автосцепок из зацепления и,

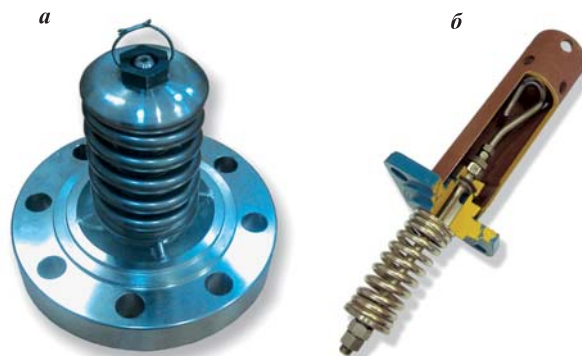


Рис. 7. Предохранительные клапаны: *a* — с увеличенным проходным сечением; *б* — стандартный, типа ДУ-32

Fig. 7. Safety valves: *a* — pressure relief valve with a larger orifice; *b* — standard safety valve type DU-32

как следствие, удар в днище котла цистерны с тяжелыми последствиями.

На рис. 7 приведены варианты конструкции предохранительного клапана на случай аварийных тепловых воздействий на котел: на рис. 7, *a* — клапан с увеличенным проходным сечением, обеспечивающий управляемый сброс продукта без взрыва цистерны в очаге пожара, на рис. 7, *б* — стандартный клапан типа ДУ-32, который не обеспечивает безопасного сброса продукта при воздействии на цистерну очага пожара.

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, остановимся на необходимых мероприятиях для решения перечисленных проблем.

1. Следует принять единую техническую политику Российской Федерации по обеспечению безопасности перевозки пожароопасных грузов по железным дорогам.

2. С этой целью необходимо привести в соответствие нормативную документацию, касающуюся перевозок пожароопасных опасных грузов, чтобы снять противоречия в требованиях различных документов.

3. Передать вопросы согласования и утверждения конструкторской документации от ОАО “РЖД” в Министерство транспорта РФ.

4. Компетентные органы (Регистр сертификации на федеральном железнодорожном транспорте, Федеральное агентство железнодорожного транспорта), по нашему мнению, должны откорректировать свою нормативную базу по перевозкам пожароопасных грузов, а также возложить ответственность за выполнение ее требований на соответствующие структурные подразделения.

5. Создать независимую экспертную организацию, подчиненную Министерству транспорта, в ко-

торую должны входить квалифицированные специалисты в области подвижного состава железных дорог и безопасности перевозок пожароопасных грузов, возложив на нее, в частности, функцию проверки технической документации на соответствие подвижного состава требованиям Федерального закона “О техническом регулировании” [4].

Подобная экспертная организация может быть создана на базе Института транспортной техники и систем управления МИИТа, так как его ученые имеют многолетний опыт исследований в области проектирования, расчета и обеспечения безопасности вагонов для опасных грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам (с изм. на 20.10.2017). — Введ. 01.01.1997. URL: docs.cntd.ru/document/902165571 (дата обращения 11.04.2018).
2. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам : приказ МЧС РФ от 31.10.1996 № 9-733/3-2; МПС РФ от 25.11.1996 № ЦМ-407. URL: docs.cntd.ru/document/901948399 (дата обращения 11.04.2018).
3. Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте (ППБО 109–92) (с изм. на 06.12.2001). — Утв. МПС РФ 11.11.1992 № ЦУО/112. URL: docs.cntd.ru/document/9008543 (дата обращения 11.04.2018).
4. О техническом регулировании : Федер. закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017). URL: http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845855.htm (дата обращения: 10.04.2018).
5. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации (ред. от 03.08.2018) : Федер. закон РФ № 17-ФЗ от 10.01.2003. URL: docs.cntd.ru/document/901838120 (дата обращения 11.04.2018).
6. Kazantzi V., Kazantzis N., Gerogiannis V. C. Risk informed optimization of a hazardous material multi-periodic transportation model // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2011. — Vol. 24, Issue 6. — P. 767–773. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.05.006.
7. Ming-shu Bi, Jing-jie Ren, Bo Zhao, Wei Che. Effect of fire engulfment on thermal response of LPG tanks // Journal of Hazardous Materials. — 2011. — Vol. 192, Issue 2. — P. 874–879. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.107.
8. Lui X., Schlake B. W. Probabilistic analysis of the release of liquefied natural gas (LNG) tenders due to freight-train derailments // Transportation Research. Part C: Emerging Technologies. — 2016. — Vol. 72. — P. 77–92. DOI: 10.1016/j.trc.2016.08.017.
9. Tiemessen G., van Zweeden J. P. Risk assessment of the transport of hazardous materials // Proceedings of the 9th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries (May 4–7, 1998, Barcelona, Spain). — 1998. — P. 299–307.
10. Heymes F., Aprin L., Birk A. M., Slangen P., Jarry J. B., François H., Dusserre G. An experimental study of an LPG tank at low filling level heated by a remote wall fire // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2013. — Vol. 26, Issue 6. — P. 1484–1491. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.09.015.
11. Chakrabarti U. K., Parikh J. K. Route evaluation for hazmat transportation based on total risk — A case of Indian State Highways // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2011. — Vol. 24, Issue 5. — P. 524–530. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.03.002.
12. Gavelli F., Davis S. G., Hansen O. R. Evaluating the potential for overpressures from the ignition of an LNG vapor cloud during offloading // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2011. — Vol. 24, Issue 6. — P. 908–915. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.07.002.
13. Paltrinieri N., Landucci G., Molag M., Bonvicini S., Spadoni G., Cozzani V. Risk reduction in road and rail LPG transportation by passive fire protection // Journal of Hazardous Materials. — 2009. — Vol. 167, Issue 1–3. — P. 332–344. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.12.122.
14. Kim B. K., Ng D., Mentzer R. A., Mannan M. S. Key parametric analysis on designing an effective forced mitigation system for LNG spill emergency // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2013. — Vol. 26, Issue 6. — P. 1670–1678. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.01.007.
15. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). — М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996.

16. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов : справоч. пособие / Под ред. Котуранова В. Н., Филиппова В. Н. — М. : Изд-во стандартов, 1993. — 214 с.
17. Филиппов В. Н., Шебеко Ю. Н., Пономарев В. М., Навценя В. Ю., Беспалько С. В., Плицына О. В. Моделирование поведения железнодорожной цистерны с СУГ в очаге пламени // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 11. — С. 41–51. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.41-51.
18. Filippow W. N., Stanislaw K. Badania prototypowych urzadzen, ochraniajacych armature i dennice wagonow-cystern w awaryjnych sytuacjach // Przegląd Kolesowy. — 1993. — No. 8. — P. 31–33 (in Polish).
19. Андриянов С. С. Нагруженность элементов специализированных вагонов, оборудованных амортизаторами повышенной энергоемкости : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2006. — 106 с.
20. Головин В. В. Моделирование поведения котла цистерны в очаге пламени : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2005. — 100 с.
21. Маслов И. Г. Состояние котла цистерны при воздействии очага пламени в аварийной ситуации : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2016. — 132 с.
22. Подлесников Я. Д. Методы улучшения динамических качеств вагонов для перевозки опасных грузов : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2016. — 179 с.
23. Андриянов С. С. Математическая модель эластомерного поглощающего аппарата // Мир транспорта. — 2015. — Т. 13, № 2(57). — С. 214–218.
24. Богачев В. И. Оценка колебаний жидкого груза в котле цистерны // Мир транспорта. — 2012. — Т. 10, № 1(39). — С. 32–36.
25. Маслов И. Г. О новой методике определения напряженно-деформированного состояния котла цистерны // Железнодорожный транспорт. — 2009. — № 7. — С. 51.
26. Леончук П. А. Обзор научных работ по пожарной опасности транспортировки опасных грузов автомобильным и железнодорожным транспортом в части оценки последствий аварий и пожарного риска // Пожарная безопасность. — 2017. — № 1. — С. 85–95.
27. Швырков С. А., Гордиенко Д. М., Шебеко А. Ю., Леончук П. А., Трунева В. А. Оценочное влияние пролива на расчетную величину пожарного риска при транспортировке легковоспламеняющихся жидкостей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2017. — Т. 1, № 8. — С. 163–165.
28. Шебеко А. Ю., Булага С. Н., Булгаков В. В., Смирнов Н. В., Дудеров Н. Г. Развитие методов экспериментальной оценки сохранности огнезащитных свойств покрытий // XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. — М. : ВНИИПО, 2017. — С. 114–118.
29. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N., Navzenya V. Yu., Kostyuhin A. K., Tokarev P. M., Zamishovski E. D. Explosion prevention of LPG vessels using fire retardant coatings and safety valves // 5th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization (October 24–29, 1999, Shanghai). — International Academic Publishers, 1999. — P. 215–226.
30. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N., Navzenya V. Yu., Kostyuhin A. K., Tokarev P. M., Zamishovski E. D. An investigation of some methods for fire protection of LPG vessels // Conference Proceedings of Interflame'99, 8th International Fire Science & Engineering Conference (29 June – 1 July, 1999, Edinburgh, UK). — London : Interscience Communications Ltd., 1999. — P. 1141–1146.
31. Nedorchuk B. L., Filippow V. N., Shebeko Yu. N. General technical requirements for safety of railway tanks for transportation of hazardous materials // Pojazdy szynowe na przełomie wieków. — Krakow, Arlamow, 2000. — Vol. 1. — P. 197–203 (in Polish).
32. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N. Investigations of methods for fire protection of railway tanks for transportation of liquefied petroleum gases // Pojazdy szynowe na przełomie wieków. — Krakow, Arlamow, 2000. — Vol. 3. — P. 109–118 (in Polish).
33. Нормы расчета и проектирования грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм Российской Федерации. — М. : ВНИИЖТ – ГосНИИВ, 2004. — 213 с.

Материал поступил в редакцию 1 июня 2018 г.

Для цитирования: Евсеев Д. Г., Филиппов В. Н., Петров Г. И., Шебеко Ю. Н., Беспалько С. В. О необходимости формирования единой технической политики для обеспечения пожарной безопасности перевозки опасных грузов по железным дорогам России // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 9. — С. 26–34. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.26-34.

ON A NESECITY OF A CREATION OF A UNITED TECHNICAL POLICY IN THE AREA OF A FIRE SAFETY ENSURING OF A TRANSPORTATION OF HAZARDOUS GOODS ON RUSSIAN RAILWAYS

EVSEEV D. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Technology of Transport Mechanical Engineering and Repair of Rolling Stock Department, Russian University of Transport (Obraztsova St., 9, Bldg. 9, Moscow, 127994, Russian Federation)

FILIPPOV V. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Cars and Carriage Economy Department, Russian University of Transport (Obraztsova St., 9, Bldg. 9, Moscow, 127994, Russian Federation)

PETROV G. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Cars and Carriage Economy Department, Russian University of Transport (Obraztsova St., 9, Bldg. 9, Moscow, 127994, Russian Federation)

SHEBEKO Yu. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Principle Researcher of Department of Fire Safety of Industrial Facilities, Technologies and Modeling of Technogenic Accidents, All-Russian Scientific Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation)

BESPALCO S. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Cars and Carriage Economy Department, Russian University of Transport (Obraztsova St., 9, Bldg. 9, Moscow, 127994, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. The work is devoted to the results of many years of research to ensure the fire and explosion safety of tanks for liquefied petroleum gases, conducted by the Moscow state University of Railways (MIIT), together with other organizations.

Methods. On the basis of statistical data, the main scenarios of emergency situations were determined.

Experimental and theoretical studies of the behavior of tanks under emergency conditions associated with dynamic and thermal effects were carried out. Numerous experiments were carried out both on full-scale samples and on models using the theory of similarity. The results of the experiments are used both for verification of theoretical models and for specification of parameters of the calculation schemes.

The mathematical models developed in the framework of theoretical research were implemented in the form of a package of computer programs and used later to select the parameters of the means of protection.

Results. In terms of protection against thermal effects, the following were proposed: safety valves, fire-retardant coatings, upgraded versions of control, drain and safety valves using design solutions adopted in nuclear engineering. In particular, the use of fire-resistant coatings SGK provides an increase of 2.5–3.5 times the time of the accident-free stay of the tank in the fire.

A new layout of the drain-filling pipes is recommended, which significantly reduces the probability of breakage of the elements of the drain-filling fittings. The design of safety arcs and nodes for connection of arc elements with the shell is proposed.

Conclusion. On the basis of the whole complex of the conducted researches the family of tanks for the transportation of liquefied hydrocarbon gases was developed, the production of which was carried out at the enterprises of Russia, Ukraine, Japan, Poland.

However, there is a problem of contradictions in the regulatory documentation on the issues of fire and explosion safety of tanks, which requires the formation of a unified technical policy in this area.

Keywords: fire safety; technical policy; hazardous goods; railway transportation; cars for dangerous goods; tank-car boiler; protection means against fire-dangerous accidents.

REFERENCES

1. *Rules for a transportation of hazardous goods by a railway transport* (ed. on 20.10.2017). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902165571> (Accessed 11 April 2018).

2. *Safety rules and measures for an elimination of accidents with hazardous goods at their transportation by a railway transport*. Order of Emercom of Russia on 31.10.1996 No. 9-733/3-2; Ministry of Railway Transport of Russia on 25.11.1996 No. TsM-407. Available at: docs.cntd.ru/document/901948399 (Accessed 11 April 2018).
3. *Fire safety rules on the railway transport (PPBO 109–92)* (ed. on 06.12.2001). Approved by Ministry of Railway Transport of Russia on 11.11.1992 No. TsUO/112. Available at: docs.cntd.ru/document/9008543 (Accessed 11 April 2018).
4. *On technical regulation*. Federal Law of Russian Federation on 27.12.2002 No. 184-FZ (ed. on 29.07.2017) (in Russian). Available at: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845855.htm> (Accessed 10 April 2018).
5. *On a railway transport in Russian Federation* (ed. on 03.08.2018). Federal Law of Russia on 10.01.2003 No. 17-FZ (in Russian). Available at: docs.cntd.ru/document/901838120 (Accessed 11 April 2018).
6. Kazantzi V., Kazantzis N., Gerogiannis V. C. Risk informed optimization of a hazardous material multi-periodic transportation model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2011, vol. 24, issue 6, pp. 767–773. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.05.006.
7. Ming-shu Bi, Jing-jie Ren, Bo Zhao, Wei Che. Effect of fire engulfment on thermal response of LPG tanks. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, vol. 192, issue 2, pp. 874–879. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.107.
8. Lui X., Schlake B. W. Probabilistic analysis of the release of liquefied natural gas (LNG) tenders due to freight-train derailments. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*, 2016, vol. 72, pp. 77–92. DOI: 10.1016/j.trc.2016.08.017.
9. Tiemessen G., van Zweeden J. P. Risk assessment of the transport of hazardous materials. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries* (May 4–7, 1998, Barcelona, Spain), 1998, pp. 299–307.
10. Heymes F., Aprin L., Birk A. M., Slangen P., Jarry J. B., François H., Dusserre G. An experimental study of an LPG tank at low filling level heated by a remote wall fire. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2013, vol. 26, issue 6, pp. 1484–1491. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.09.015.
11. Chakrabarti U. K., Parikh J. K. Route evaluation for hazmat transportation based on total risk — A case of Indian State Highways. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2011, vol. 24, issue 5, pp. 524–530. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.03.002.
12. Gavelli F., Davis S. G., Hansen O. R. Evaluating the potential for overpressures from the ignition of an LNG vapor cloud during offloading. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2011, vol. 24, issue 6, pp. 908–915. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.07.002.
13. Paltrinieri N., Landucci G., Molag M., Bonvicini S., Spadoni G., Cozzani V. Risk reduction in road and rail LPG transportation by passive fire protection. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, vol. 167, issue 1-3, pp. 332–344. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.12.122.
14. Kim B. K., Ng D., Mentzer R. A., Mannan M. S. Key parametric analysis on designing an effective forced mitigation system for LNG spill emergency. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2013, vol. 26, issue 6, pp. 1670–1678. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.01.007.
15. *Norms for calculations and project of railway carriages for tracks of the width 1520 mm*. Moscow, GosNIIV – VNIIZhT Publ., 1996 (in Russian).
16. Koturanov V. N., Filippov V. N. (eds.). *Spetsializirovannyye tsisterny dlya perevozki opasnykh gruzov* [Special railway tanks for transportation of hazardous goods]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1993. 214 p. (in Russian).
17. Filippov V. N., Shebeko Yu. N., Ponomarev V. M., Navtsenya V. Yu., Bespalco S. V., Plitsina O. V. Modeling of the behavior of the railway LPG tank in the hearth flame. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 11, pp. 41–51 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.41-51.
18. Filippow W. N., Stanislaw K. Badania prototypowych urzadzen, ochraniajacych armature i dennice wagonow-cystern w awaryjnych sytuacjach. *Przegląd Kolesowy*, 1993, no. 8, pp. 31–33 (in Polish).
19. Andriyanov S. S. *Loading of the items of specialized cars equipped with dampers of high intensity*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2006. 106 p. (in Russian).
20. Golovin V. V. *Modeling of the behavior of the tank boiler in the flame*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2005. 100 p. (in Russian).
21. Maslov I. G. *The condition of the tank boiler under the influence of the flame in an emergency*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2016. 132 p. (in Russian).

22. Podlesnikov Ya. D. *Methods to improve the dynamic qualities of wagons for the transport of dangerous goods*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2016. 179 p. (in Russian).
23. Andriyanov S. S. Mathematical model of an elastomeric draft gear. *Mir transporta / World of Transport and Transportation*, 2015, vol. 13, no. 2(57), pp. 214–218 (in Russian).
24. Bogachev V. I. Simulation of vibrations of liquid goods in a tank car. *Mir transporta / World of Transport and Transportation*, 2012, vol. 10, no. 1(39), pp. 32–36 (in Russian).
25. Maslov I. G. On a new method of determining the stress-strain state of the tank. *Zheleznodorozhnyy transport / The Railway Transport Magazine*, 2009, no. 7, p. 51 (in Russian).
26. Leonchuk P. A. Review of studies about fire hazard of dangerous cargo transportation by motor and railway transport in the part of assessment of accident consequences and fire risk. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2017, no. 1, pp. 85–95 (in Russian).
27. Shvyrkov S. A., Gordienko D. M., Shebeko A. Yu., Leonchuk P. A., Truneva V. A. Estimated impact of the strait on the estimated value of fire risk during transportation of flammable liquids. *Pozharnaya bezopasnost: problemy i perspektivy / Fire Safety: Problems and Prospects*, 2017, vol. 1, no. 8, pp. 163–165 (in Russian).
28. Shebeko A. Yu., Bulaga S. N., Bulgakov V. V., Smirnov N. V., Duderov N. G. Development of methods for the experimental evaluation of the safety of the fire resistant properties of coatings. In: *XXIX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 80-letiyu FGBU VNIPO MChS Rossii* [XXIX International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 80th anniversary of the VNIPO of Emercom of Russia]. Moscow, VNIPO Publ., 2017, pp. 114–118 (in Russian).
29. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N., Navzenya V. Yu., Kostyuhin A. K., Tokarev P. M., Zamishevski E. D. Explosion prevention of LPG vessels using fire retardant coatings and safety valves. In: *5th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization* (October 24–29, 1999, Shanghai). International Academic Publishers, 1999, pp. 215–226.
30. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N., Navzenya V. Yu., Kostyuhin A. K., Tokarev P. M., Zamishevski E. D. An investigation of some methods for fire protection of LPG vessels. In: *Conference Proceedings of Interflame '99, 8th International Fire Science & Engineering Conference* (29 June – 1 July, 1999, Edinburgh, UK). London, Interscience Communications Ltd., 1999, pp. 1141–1146.
31. Nedorchuk B. L., Filippov V. N., Shebeko Yu. N. General technical requirements for safety of railway tanks for transportation of hazardous materials. *Pojazdy szynowe na przelomie wikow*. Krakow, Arlamow, 2000, vol. 1, pp. 197–203 (in Polish).
32. Shebeko Yu. N., Bolodian I. A., Filippov V. N. Investigations of methods for fire protection of railway tanks for transportation of liquefied petroleum gases. *Pojazdy szynowe na przelomie wikow*. Krakow, Arlamow, 2000, vol. 3, pp. 109–118 (in Polish).
33. *Norms of calculations and project of railway carriages for goods transportation for tracks of the width 1520 mm of Russian Federation*. Moscow, VNIIZhT – GosNIIV Publ., 2004. 213 p. (in Russian).

For citation: Evseev D. G., Filippov V. N., Petrov G. I., Shebeko Yu. N., Bespalko S. V. On a necessity of a creation of a united technical policy in the area of a fire safety ensuring of a transportation of hazardous goods on Russian railways. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 9, pp. 26–34 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.26-34.